

Fig. 3. No. 2 B.F

動多く、また検出性の高い下段温度で日常作業の action をおこなっている。(2) 炉内のプロファイルの変動の推定は (Fig. 3) (a) 下段温度は急速に降下している (b) 中段温度は緩慢である。(c) 上段温度には変化があまりない。(d) 最上段は charging line の関係で、変動はなはだしい。(e) 異状現象は下段温度附近と推定される。(棚吊の誘発の原因)

(3) Fig. 3 の温度の変動より予測されることは、南側東側に異状が認められ、西側北側には異状はない。

(4) 温度降下速度および巾から現象的な sticky hanging は堅固な deposit が構成されていると推定され action が必要であるため炉内の cleaning をおこなう (light charge と spiral charge を併用) (5) action の結果 (Fig. 3 より想像されることは) (a) 北側にもわずかな deposit があつた西側には異状はなかつた。

(b) 東側にかなりの deposit が生じ action により消滅されたが deposit の解消と同時に鉄皮に大きな亀裂が 2ヶ所現われた。(c) 異状原因(棚吊の直接の現象)は南側の部位に発生し東側に誘発をおよぼしたと考えられる(温度の降下, 上昇状態および堆積物の消滅の時間的ズレより)

#### IV. シャフト温度による作業標準と考え方

(1) 従来の実績より軽操業の場合各段共に高温を維持し対応側, 同位側共に温度の変量は少い。(2) 重操業の場合は両者共に温度のバラツキと変動が多く低温度となる。また温度差の少ない低温度の場合の二通りがある。前者の場合は炉内に異状があり, action を要し, 後者の場合はただ単に荷の Over load でありわずかの荷の減鉱でよい。(3) 標準作業温度あるいは行動をおこなう温度は, その高炉の特性と条件, あるいは各種の要因を詳細に解析し, その時期と方法とは操業者の経験と感覚によつておこなわれるべきである。(4) これらの

正確なる判断をおこなうためには計器の精度と正確さとを常に管理して補正しなければならない。

#### V. 結 論

(1) 荷の軽い場合は高温を示し変動少なく, 重い場合は低温を示し炉況により変動とバラツキの大きい場合と少ない場合の 2 通がある。(2) thermo-couple の装入方法は profile の正常のものでは相対温度で action がおこなわれるが, 異状のものは早期行動を起すためには profile に応じた装入方法がよい。(3) シャフト温度の管理によつて装入物の偏側的な打ち方を予測し, また炉内の堆積物の発生部位を推定し操業上の action をおこない棚吊を解消し得た。(4) シャフト温度による作業標準はその高炉の特性, 炉況条件等が違うので操業の行動を起す場合の時期方法は操業者の経験と感覚によつてなされるべきである。そのためには常に計器の信頼度の高いことが要求される。

#### (53) 焙鉱炉の炉頂ガスの CO% に影響する要因の理論的研究

Theoretical Study of Factors Affecting on the Percentage of Carbon Monoxide in the Blast Furnace Top Gas.

K. Ono, et alius.

八幡製鉄, 技術研究所

工博 瀬川 清・工〇 斧 勝也

#### I. 緒 言

焙鉱炉の炉頂ガスの CO, CO<sub>2</sub> は焙鉱炉操業にとって重要であると考えられている。CO<sub>2</sub>/CO の値の大きいことは焙鉱炉内での鉱石の間接還元率が大きく, カーボン・ソリューションが少ないことを示している。コークス比を下げるためには, 操業可能な範囲で炉頂ガスの CO<sub>2</sub>% が高いこと, いい換えれば CO% が低いことが望ましい。ここでは焙鉱炉の炉頂ガスの CO% がどんな要因によつてどのように変ってくるかを研究した。

#### II. 炉頂ガス中の CO% に影響する要因の

##### 理論的考察

##### (1) 装入酸素

炉頂ガスの CO% を考えるのには焙鉱炉内に供給されるガス化する全酸素量を考えねばならない。いま炉頂ガスの CO<sub>2</sub> が全部 CO に変つたとすると体積が 2 倍になるから, 全体のガス中に CO の占める割合はつぎのように表わされる。

$$(CO + 2CO_2)/(100 + CO_2) \times 100 = A (\%) \dots (1)$$

ただし、CO は炉頂ガスの CO%，CO<sub>2</sub> は炉頂ガスの CO<sub>2</sub>% である。この値はガス化する全酸素量がきまれば一定の値を示すはずであつて、現場の溶鉄炉に実際にこの値を代入すると、±1% の偏差で一定であることが認められた。

### (2) 鉄石の粒度および還元性

シャフトでは鉄石の還元は拡散機構によつて支配される。このような間接還元が大きいほど炉頂ガスの CO% は低くなる。還元性と粒度との関係は拡散の理論から、つぎのように表わされる。

$$t/(1 - \sqrt{\alpha}) = a_1(t_0 + RD) = a_1 T \dots (2)$$

ただし、T は粒度 D の鉄石粒子が水素還元実験によつて全部還元するのに要する理論的推定時間、 $\alpha$  は t 時間後の未還元率  $= r^2/D^2$ 、 $t_0$ 、R は鉄石の特性恒数、r は t 時間後の鉄石粒子の未反応部の直径、 $a_1$  は水素還元試験結果を溶鉄炉に適用した場合の  $\alpha$  比例恒数である。この関係からシャフト単位体積当りの鉄石による CO 消費速度  $dCO_{ore}/dt$  はつぎのように表わされる。

$$dCO_{ore}/dt = -(a_2/T^\eta)(CO) \dots (3)$$

ただし、CO は反応時における濃度、 $\eta$  はコークス比、 $a_2$  は比例恒数である。

### (3) コークスの粒度および反応性

コークスの CO<sub>2</sub> との反応性が同種のコークスであればコークスの表面積に比例すると仮定すると、シャフト単位体積当りのコークスによる CO 生成速度  $dCO_{coke}/dt$  はつぎのように表わされる。

$$dCO_{coke}/dt = (a_3/d)(CO_2) \dots (4)$$

ただし、CO<sub>2</sub> は反応時における CO<sub>2</sub> 濃度、d はコークス粒度、 $a_3$  は比例恒数である。反応性がコークスの表面積に比例することは反応性の試験結果から統計的に認められた。異種のコークスを用いる場合の  $a_3$  の比  $\beta$  はつぎのように表わされる。

$$\beta = \{\log[100 - (CO)_1] - 2\} / \{\log[100 - (CO)_2] - 2\} \dots (5)$$

ただし、(CO)<sub>1</sub>、(CO)<sub>2</sub> は異種コークス (1・2) による反応性試験の結果生成する CO% である。

### (4) 溶鉄炉内の反応

溶解帯以下ではコークスの反応性大きく、CO<sub>2</sub> はほとんどないと考えてよく、炉頂ガスの CO、CO<sub>2</sub>% はシャフトでの反応のみを考えればよい。シャフトでは CO<sub>2</sub> から CO、CO から CO<sub>2</sub> への反応を考えねばならない。この際、鉄石およびコークスに関する条件が一定であれば、生成する CO<sub>2</sub>、CO の生成速度はそれぞれ CO、

CO<sub>2</sub> の濃度に比例する。CO の量を基準にとるとつぎのように表わされる。

$$dCO_{ore}/dt = -k_1(CO) \dots (6)$$

$$dCO_{coke}/dt = k_2(CO_2) \dots (7)$$

ただし、 $k_1$  は鉄石の種類、粒度によつて定まる反応速度恒数、 $k_2$  はコークスの種類、粒度によつて定まる反応速度恒数である。したがつて鉄石およびコークスによつて生成する CO の生成速度  $dCO/dt$  はつぎのように表わされる。

$$dCO/dt = dCO_{ore}/dt + dCO_{coke}/dt \\ = k_2(CO_2) - k_1(CO) \dots (8)$$

いま、溶鉄炉内において供給されるガス化酸素量が一定であれば、(1)式から、

$$CO_2 = (100A - 100CO)/(200 - A) \dots (9)$$

となる。(8)式、(9)式から炉頂ガスの CO% を求める式が得られる。

$$CO/A = (k_2/k_1)/[(k_2/k_1) + 2] \dots (10)$$

ここで、 $k_2$ 、 $k_1$  は (3)式 (4)式 (5)式 (6)式 からつぎのように表わされる。

$$k_1 = a_2/T \cdot \eta \dots (11)$$

$$k_2 = a_3^\eta/d \dots (13)$$

したがつて、

$$k_2/k_1 = a_4 T^\eta/d \dots (13)$$

ただし、 $a_4$  はコークスの種類によつて定まる恒数 ( $= a_3/a_2$ ) である。したがつて (10)式はつぎのように表わされる。

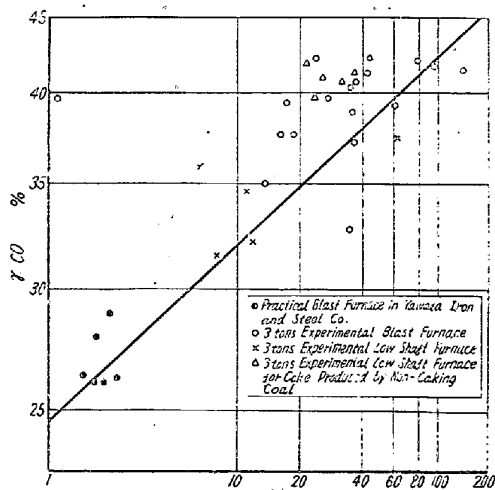
$$CO = Af(T^\eta/d) \dots (14)$$

### III. 溶鉄炉操業データによる検討

前述の炉頂ガスの CO% に関する関係式を現場の溶鉄炉および 3 t 試験高炉、試験低炉の操業データからプロットしたのが Fig. 1 である。A の値は現場の溶鉄炉ではほとんど一定であるが、試験溶鉄炉では幾分低く、酸素富化の場合には幾分高い値を示す。しかし、送風の条件が同一であればだいたい一定の値を示している。試験溶鉄炉での A を  $A_i$ 、現場溶鉄炉での A を  $A_0$  とし、 $A_0/A_i = \gamma$  とすれば、(14)式はつぎようになる。

$$rCO = A_0 f(T^\eta/d) \dots (15)$$

ここで、 $\gamma$  は現場の溶鉄炉では 1、試験溶鉄炉の空気操業の場合は 1.3~1.1、酸素富化の場合は 1~0.8 の値をとる。T および d は試験溶鉄炉では既知であるが現場の溶鉄炉では評価が困難である。しかしながら (2)式の  $t_0$  は大体 95mn で一定であり R は還元し易い赤鉄鉱では 2~3mn/mm、還元しにくい磁鉄鉱では 5~7



T=time required for reduction of ore min  
 η=coke rate ton/ton  
 d=particle size of coke mm  
 γ=the ratio of Ao to Ai  
 CO=the % of carbon monoxide in the blast furnace gas %  
 A=the % of carbon monoxide assumed carbon oxide to change % into carbon monoxide  
 o, i=practical blast furnace and experimental furnace, respectively

Fig. 1. Correlation between the percentage of carbon monoxide in the blast furnace gas and other factors.

mn/mm であるから、T=200mn を採用した。コークスは平均粒度として d=55 mm とした。試験低炉で用いた軟弱コークス操業では Fig. 1 の横軸に (5) 式の β を乗じたものを採用した。Fig. 1 にプロットした各点は大体直線的関係にある。この関係は

$$CO = (24 \cdot 7 / r) (T \eta^2 / d)^{0.119} \dots \dots \dots (15)$$

で表わされる。

IV. 結 言

熔鋸炉炉頂ガスの CO% に影響する要因を研究して Fig. 1 に示すような関係を得た。この結果から炉頂ガスの CO% を低下させ、カーボンソリユーションを減少させるためには、鉱石は還元し易い小粒度のものが望ましい。もちろん実際の熔鋸炉においてハンギング、フラッキング、送風抵抗等の要因によつて限界がある。コークスは反応性の悪い大粒度のものがよい。熔鋸炉では燃焼性も問題にせねばならず、この点ではコークスは粒度の小さい程よいことになり、この両面から最適粒度を考えねばならない。

(54) 高炉々内還元性に依る鉄鉄組織の影響について

Influences of Gas Reducibility in the Blast Furnace on the Microstructure of Pig Iron

S. Kamatani, et alii.

尼崎製鉄

金丸陟彰・永田鋭一・O鎌谷重雄

I. 緒 言

鑄物用鉄鉄に関しては鉄鉄破面組織による品質評価がおこなわれその巨視的黑鉛発達状況について種々検討されてきた。本報においては製鉄原料に因り直接関与する不可避的な化学成分については考察外とし高炉操業により制御可能な要素について検討をおこないとくに近時、鉄鉄組織に顕著に影響すると考えられている瓦斯成分中酸素組成について炉況との関係を追究し茲に報告する。

II. 実験ならびに考察に関する要旨

当所原料特殊性より黒鉛化組織に影響をおよぼす元素中、白鉄化傾向を有するものには、瓦斯成分 Ti, Cr および Zn 等が挙げられる微有元素 V, Te, W, Co, Zn 等につき検定したところその存在が認められなかつた。

とくに鑄鉄に過冷却現象をおよぼすといわれていた亜鉛については焼結鋳中に含有率が高くその鉄鉄中への還元について懸念されていたがほとんど含有していなかつた。焼結原料に砂鉄を配合する関係上、実験期間中は 0.1~0.3% Ti が含有されていた周知のごとく Ti は C との親和力強く黒鉛化組織を微細化する傾向が強いため以前、炉前処理において第 3 元素添加実験をおこないその効果について検討したことがあるが鑄物鉄の場合常に 0.2% Ti > となるように操業されているまた熔剤としての平炉滓使用率も Cr 含有量の高いものにおいては検討されている。鑄鉄作業については運搬および操作を迅速におこない極力温度降下を防止した凝固過程においては徐冷をおこない吹付材モールド温度および撒水等について検討し瓦斯侵入および温度管理等に留意している。しかし昭和 30 年 7 月の鑄物鉄吹製期間中熔鋸より kish graphite の発生は認められず型鉄破面組織は光沢のない不均質な暗灰色を呈したしたがつてこの型鉄につき顕微鏡組織を験べた結果完全な共晶黒鉛組織であり Cupola にて優良鉄と種々配合し 1,500°C にて再熔解試験をおこない同様な異常組織の遺伝性が認められ瓦斯分析をおこない高酸素鉄鉄であることが解つた。

高炉々内反応性と鉄鉄中への酸素の固溶に関してつぎのことが考えられるすなわち熔解帯における難還元性および未還元 FeO の濃度、熔解温度、熔滓の還元、および酸化能力、炉内瓦斯雰囲気および羽口前における燃焼状況等が考えられるが本実験においては出滓中 FeO